

ASPECTOS TAXONOMICOS Y ULTRAESTRUCTURALES EN
OSCILLATORIA ACUTA, *O. ANIMALIS* Y *O. PROTEUS*
 (CYANOPHYTA, HORMOGONALES)

TAXONOMICAL AND ULTRASTRUCTURAL ASPECTS IN
OSCILLATORIA ACUTA, *O. ANIMALIS* AND *O. PROTEUS*
 (CYANOPHYTA, HORMOGONALES)

María Cecilia Fernández Belmonte* y María Susana Vigna**

RESUMEN

Tres especies del género *Oscillatoria*: *O. acuta* Bruhl et Biswas, *O. animalis* Ag. ex Gomont y *O. proteus* Skuja, provenientes de ambientes termales de Argentina (Puente del Inca, Provincia de Mendoza; Cacheuta, Provincia de Mendoza y San Jerónimo, Provincia de San Luis) fueron estudiadas con microscopio electrónico de transmisión con el fin de analizar diferencias y/o semejanzas en la disposición de los tilacoides y tipo de inclusiones. Se observó que la disposición tilacoidal varía en las tres especies y en *O. acuta* se detectó la presencia de cuerpos cristalino-granulares, concluyendo que estas características están ligadas al tipo de hábitat. Además, *O. proteus* se cita por primera vez para ambientes termales en Argentina.

PALABRAS CLAVES: Algas termales, Cyanophyta, estudio ultraestructural.

INTRODUCCION

Las aguas termales revisten un interés especial desde el punto de vista de su utilización medicinal, terapéutica y de la ficoflora que habita en ellas, la cual está principalmente representada por algas pertenecientes a las divisiones Cyanophyta, Chlorophyta y a la clase Bacillariophyceae.

Teniendo en cuenta que Argentina es rica en centros termales, algunos explotados turística-

ABSTRACT

Three species of the genus *Oscillatoria*: *O. acuta* Bruhl et Biswas, *O. animalis* Ag. ex Gomont and *O. proteus* Skuja from argentine hot springs (Puente del Inca, Province of Mendoza; Cacheuta Province of Mendoza and San Jerónimo, Province of San Luis) had been studied with T.E.M. searching for differences and/or similarities in the arrangement of thylakoids and cellular inclusions. The arrangement of thylakoids were different among the three species and *O. acuta* has cytoplasmatic crystalline bodies. These characteristics could be related with the habitat. In addition *O. proteus* is recorded for the first time for argentine hot springs.

KEYWORDS: Springs algae, Cyanophyta, ultrastructural study.

mente y otros aún no, estos aspectos han sido muy poco estudiados hasta el momento (Guarrera, 1961; Lacoste *et al.*, 1983; Fernández & Vigna, 1993). Estos centros están distribuidos en regiones bioclimáticas muy diversas, conociéndose en la actualidad cuarenta y uno, de los cuales corresponden un 44% a aguas hipertemales, 24% a mesotemales y un 32% a hipotemales. Se encuentran ubicados en varias provincias: Neuquén, Mendoza, Salta, Jujuy, Tucumán, San Juan, San Luis, Santiago del Estero, La Pampa, Córdoba, Buenos Aires, Chaco, Santa Fe, La Rioja y Catamarca (Instituto Nacional de Ciencias y Tecnología, 1976).

Debido a la inexistencia de trabajos regionales en este campo, se propuso realizar el estudio de las algas en tres termas del área centro-oeste de

* Universidad Nacional de San Luis, F.I.C.E.S. Av. 25 de mayo 384, Villa Mercedes (San Luis), Argentina.

** Universidad Nacional de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Ciudad Universitaria, Capital Federal, Argentina.

Argentina: Puente del Inca y Cacheuta (Provincia de Mendoza) y San Jerónimo (Provincia de San Luis).

El objetivo del presente trabajo es comparar ultraestructuralmente tres especies termófilas del género *Oscillatoria*: *O. acuta*, *O. animalis* y *O. proteus* (Cyanophyta, Hormogonales) y establecer las posibles relaciones con el hábitat al cual pertenecen. Esta contribución está inserta dentro de un estudio mayor de algas termales del centro-oeste de Argentina (Fernández, 1996).

De esta manera con el análisis de la biodiversidad y de los aspectos ecológicos de las entidades algales en estas termas, se espera contribuir al conocimiento del equilibrio ecológico de este importante recurso natural, ya que como tal debe ser objeto de un trato especial para tender a su uso racional y que en el futuro puedan surgir pautas para planificar un manejo adecuado.

MATERIALES Y METODOS

Las tres especies de *Oscillatoria* fueron recolectadas en Puente del Inca, Cacheuta y San Jerónimo (Fig. 1) entre los años 1989 y 1995. Las muestras de las cuales provienen dichos materiales se hallan depositadas en el Herbario de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL) bajo los números: 128, 130, 132, 133, 134, 135, 151, 156, 158, 167, 173, 174, 182, 187, 190, 194, 195, 200, 203, 205, 208, 209, 210, 212, 218, 225 y 233.

CARACTERISTICAS DE LAS AREAS MUESTREADAS

I. PUENTE DEL INCA

Puente del Inca es un monumento natural situado en la villa homónima, a 183 km de la ciudad de Mendoza, Departamento Las Heras (2.719 m, 32°50'S - 69°55'O).

Se trata de un puente en arco sobre el río Cuevas, afluente del río Mendoza. La vegetación corresponde a la provincia fitogeográfica Alto Andina, representada por un tapiz herbáceo y arbustivo de baja altura (Cabrera, 1976).

II. CACHEUTA

Cacheuta se encuentra a 39 km de la ciudad de Mendoza, Departamento de Luján de Cuyo (1.238 m, 33°01'S - 69°07'O).

La vegetación corresponde al ecotono de

las provincias fitogeográficas Patagónica, del Monte y Alto Andina, representada por estepas de arbustos, caméfitas y de herbáceas, jarillal y bosques de algarrobo (Cabrera, 1976).

III. SAN JERONIMO

San Jerónimo está ubicado a 25 km de San Luis, hacia el noroeste, sobre la ruta nacional N° 147. (500 m, 33°08'S - 66°29'O).

Pertenece al departamento capital y a la provincia fitogeográfica del Monte, caracterizada por una vegetación predominantemente xerófila; sólo en el margen de los ríos o lagunas se hallan especies mesófilas o higrofilas. Esta región está representada por el jarillal, bosques de algarrobo, matorrales de jume y estepas de olivillos (Cabrera, 1976).

Las observaciones, ilustraciones y fotografías al microscopio óptico se realizaron utilizando un equipo Zeiss M63, con tubo de dibujo y cámara fotográfica automática incorporada M35. (Laboratorio de Ficología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires).

Para el tratamiento taxonómico se siguieron los criterios morfológico-estructurales de Geitler (1932) y Desikachary (1959).

ANALISIS ULTRAESTRUCTURAL DE LOS TAXA

-Obtención del material biológico:

Para el caso de *O. acuta* y *O. proteus* se utilizó material recolectado en Puente del Inca y Cacheuta, respectivamente, seleccionando pequeñas porciones de matas puras bajo la lupa.

Para *O. animalis* (originario de San Jerónimo) se usó material de cultivo (unialgal) en medio Bristol modificado (Bold, 1949).

-Fijación, infiltración y corte:

Porciones de aproximadamente 2 mm de diámetro de cada una de las matas se fijaron con tetróxido de osmio al 4% y fueron incluidas en resina sintética Epon para efectuar los cortes con ultramicrotomo (Mercer & Birbeck, 1974; Bozzola & Russell, 1992).

-Tinción y observación al MET:

Los cortes se tiñeron con acetato de uranio 2% y citrato de plomo (Reynolds, 1961) y se montaron sobre grillas de cobre.

Las observaciones y fotografías con microscopía electrónica de transmisión se realizaron utilizando un equipo Jeol 1200 EX II perteneciente al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).

RESULTADOS

-Resultados taxonómicos:

Cyanophyta
Hormogonales
Oscillatoriaceae

Oscillatoria acuta Bruhl et Biwas

Indian Bark Algae, J. Dept. Sci. Calcuta Univ. 5: 3, pl. 1, Fig. 6a y b, 1922; Geitler Kryptogamenflora, 978, 1932.

Icon.: Fig. 2(1); Fig. 3(1-3).

Tricomas solitarios o en agregados usualmente derechos, no constrictos en las paredes transversales y enangostándose hacia los extremos.

Célula apical curvada más o menos recta, ápice sin caliptra.

DIMENSIONES: cél. veg.: 5.8-6,8 µm de diám. x 3.9-4.7 µm de long.

MATERIAL ESTUDIADO: ARGENTINA, Pcia. de Mendoza, termas de Cacheuta, 28/II/90, FERNANDEZ, 128 y 130 (UNSL); 24/VI/91, 151 (UNSL); Pcia. de Mendoza, termas de Puente del Inca, 28/II/90, FERNANDEZ, 132, 133, 134 y 135 (UNSL); 01/XII/91, 158 (UNSL); 29/XII/92, 174 (UNSL); 11/IV/93, 182 (UNSL); 25/IX/93; 190, 194 y 195 (UNSL); 22/X/94, 225 (UNSL); Pcia. de San Luis, termas de San Jerónimo, 26/IX/93, FERNANDEZ, 203 y 205 (UNSL).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA: India, Argentina: Buenos Aires, Córdoba, Jujuy, Santa Cruz, Santiago del Estero, Mendoza (termas de Puente del Inca y Cacheuta) y San Luis (termas de San Jerónimo).

O. animalis Ag. ex Gomont

Agardh, Aufzählung, flora, 10: 632, 1827; Gomont, Monogr. Oscillariées, 227, pl. 7, fig. 13, 1892; Forti in De Toni, Sylloge Algarum, 5: 178, 1907; Frémy, Myxo. d'Afr. Équat. Franc., 223, fig. 193, 1929; Geitler, Kryptogamenflora, 978, fig. 603a, 1932.
Icon.: Fig. 2(2); Fig. 3(4-5).

Talos formados por tricomas derechos, no constrictos en los tabiques transversales. Color azul-verdoso. Ligeramente atenuados en los ápices y levemente curvados. Células no granuladas en los tabiques transversales. Apices cónicos o agudos, no presentan caliptra, no capitados. DIMENSIONES: cél. veg.: 3-5 µm de diám. x 1.6-5 µm de long.

MATERIAL ESTUDIADO: ARGENTINA, Pcia. de San Luis, termas de San Jerónimo, 19/XII/92, FERNANDEZ, 167 (UNSL); 11/IV/93, 187 (UNSL); 06/I/94, 208 (UNSL); 22/VI/94, 218 (UNSL); 08/II/95, 233 (UNSL); Pcia. de Mendoza, termas de Puente del Inca, 15/II/94, FERNANDEZ, 212 (UNSL).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA: Europa, Africa, América del Norte (termas de Yellowstone), India, Argentina: Córdoba, Jujuy, Salta (termas del Sauce), Santa Cruz y San Luis (termas de San Jerónimo).

O. proteus Skuja

Zur Süßwasseralgenflora Burmas, Nov. Acta Reg. Soc. Upsal., ser IV, 14: 48, pl. 8, figs. 11-13, 1949.

Icon.: Fig. 2(3); Fig. 3(6-7).

Tricomas entre otras algas planctónicas, más o menos derechos, algunas veces curvados. Contenido de color azul-verdoso u oliváceo pálido. Presenta constricciones y gránulos en los tabiques transversales. Células más largas que anchas. Apices levemente atenuados y ligeramente curvados. Célula apical hemiesférica o cónica redondeada.

DIMENSIONES: cél. veg.: 6-7 µm de diám. x 2-4,5 µm de long.

MATERIAL ESTUDIADO: ARGENTINA, Pcia. de Mendoza, termas de Cacheuta, 01/XII/91, FERNANDEZ, 156 (UNSL); 20/XII/92, 173 (UNSL); 25/IX/93, 200 (UNSL); Pcia. de San Luis, termas de San Jerónimo, 06/I/94, FERNANDEZ, 209 y 210 (UNSL).

DISTRIBUCION GEOGRAFICA: India, Argentina: Buenos Aires y Mendoza (termas de Cacheuta) y San Luis (termas de San Jerónimo).

OBSERVACIONES: Se cita esta especie por primera vez para termas argentinas.

-Resultados ultraestructurales:

Oscillatoria acuta posee los tilacoides dispuestos en forma irregular y entre ellos se observan

inclusiones lipídicas y cuerpos cristalino-granulares limitados por membrana y organizados de manera característica (Fig. 3(1-3)). Los cuerpos cristalino-granulares fueron citados por Jensen (1978, 1985) y Fliesser & Jensen (1982) en los géneros *Nostoc*, *Anabaena*, *Gloeotrichia* y *Calothrix*. Estos autores postularon que son posibles depósitos de calcio en forma de calcita e hidroxapatita.

En *O. animalis* la disposición tilacoidal es longitudinal (Fig. 3(4-5)) y en *O. proteus* es radial con inclusiones lipídicas intratilacoidales (Fig. 3(6-7)).

El método para la evaluación de patrones diferentes, tridimensionales, dentro de células de Cyanophyta usando procedimientos de reconstrucción computarizada (Nierz-Wicki-Bauer *et al.* 1983), representa probablemente una aproximación para clasificar distintos sistemas tilacoidales.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Es necesario destacar la inexistencia de aportes ficológicos termales en el centro-oeste de Argentina hasta el presente trabajo. *O. proteus* se cita por primera vez para termas argentinas.

En los estudios ultraestructurales realizados con M.E.T. en *Oscillatoria acuta*, *O. animalis* y *O. proteus*, se observó que la disposición de los tilacoides era característica y distinta en las tres especies.

Existen trabajos que indican, dentro de ciertos límites, una posible especificidad en el ordenamiento de los tilacoides; sobre esta base Komárek & Anagnostidis (1986) y Anagnostidis & Komárek (1988) proponen algunas transferencias a nivel genérico y específico. Pero como las observaciones con microscopio electrónico de transmisión en algas azul-verdosas son pocas en relación a la gran diversidad del grupo, consideramos que se requieren más estudios antes de realizar generalizaciones.

Por otro lado, algunos autores como Van Eykelenburg (1979, 1980) y Couté (1985) señalan la influencia del hábitat como determinante en los diferentes patrones ultraestructurales y es sobre la base de esta última hipótesis que nos hemos apoyado para mantener, por el momento, el criterio taxonómico tradicional morfológico-estructural de Geitler (1932) y Desikachary (1959).

La diferente disposición de los tilacoides en las 3 especies estudiadas podrían tener relación con el hábitat en el cual cada una de ellas se encuentra. Es así como *O. acuta*, proveniente de Puento del Inca, presenta los tilacoides dispuestos desordenadamente, lo que podría explicarse por el ambiente donde habita que es sombrío, con escasa luz solar. Esto se puede comparar con estudios realizados por Couté (1985) en dos especies de Cyanophyta cavernícolas calcificadas, *Geitleriana calcarea* Friedmann y *Scytonema julianum* Menglin, donde los tilacoides tampoco siguen una disposición determinada. Tanto *O. acuta* como estas dos últimas especies de Cyanophyta tienen habitats en lugares donde la incidencia de la luz solar es mínima.

Por otro lado, *O. proteus* y *O. animalis*, provenientes de Cacheuta y San Jerónimo respectivamente, se encuentran en habitats expuestos a la luz solar directa y sus tilacoides se hallan ordenados radialmente en la primera y longitudinalmente en la segunda.

En *O. acuta* se observó la presencia de cuerpos cristalino-granulares. La aparición de estos cuerpos acumuladores de calcio podría ser consecuencia del típico hábitat calcáreo de Puento del Inca. No obstante, sería necesario continuar con estos estudios para confirmar si el origen de los mismos es realmente consecuencia de este tipo de ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- ANAGNOSTIDIS, K. & J. KOMAREK. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3-Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 80 (1-4). Algal. Stud. (50-53): 327-472.
- BOLD, H. C. 1949. The morphology of *Chlamydomonas chlamydogama* sp. nov. Bull. Torrey Bot. Club. 76:101-108.
- BOZZOLA, J. & L. RUSSELL. 1992. Electron microscopy. Jones and Bartlett Publishers, 323. London.
- CABRERA, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas, en Parodi, R. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería, 2da. ed., fascículo 2 (1): 85. Bs. As., Acme.
- COUTE, A. 1985. Essai préliminaire de comparaison de deux Cyanophycées cavernicoles calcifiées: *Geitleria calcarea* Friedmann et *Scytonema julianum* Menghini. Arch. Hydrobiol. Suppl. 71, 1/1: 91-98.
- DESIKACHARY, T.V. 1959. Cyanophyta. ICAR

Monographs on Algae, 686 pp. New Delhi.

FERNANDEZ BELMONTE, M. C. 1996. Algas termales del centro-oeste de la Argentina. Tesis doctoral. 240pp. Universidad Nacional de San Luis. Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. San Luis, Argentina. Inédito

FERNANDEZ, M. C. & S. VIGNA. 1993. Contribución al estudio de las algas termales en la Argentina. Bol. Soc. Argent. Bot. 29 (3-4): 153-158.

FLIESSER, S. & T. JENSEN. 1982. Observation on the fine structure of isolates of the blue-green bacteria *Calothrix*, *Fremyella* and *Gloeotrichia*. *Cytobios* 33: 203-222 .

GEITLER, L. 1932. Cyanophyceae. En: Rabenhorst's Kryptogamen flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 14:1-196. Akad. Verlagsges., Leipzig.

GUARRERA, S.A. 1961. Algas termales de la Pcia. de Salta (República Argentina). Bol. Soc. Argent. Bot. IX:179-190.

JENSEN, T. 1978. Paracrystalline inclusions in various isolates of the blue-green bacteria *Nostoc* and *Anabaena*. *Cytobios* 22: 179-190.

—1985. Cell inclusions in the Cyanobacteria. Arch. Hydrobiol. Suppl. 71, 1/2: 33-73 .

KOMAREK, J. & K. ANAGNOSTIDIS. 1986. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 2. Chroococcales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 73, Algological Studies 43: 157-226.

LACOSTE, E.; N. MAIDANA & M. S. VIGNA. 1983. Algas de las termas de Domuyo. *Lilloa* 36(1):159-162.

MERCER, E. & M. BIRBECK. 1974. Manual de microscopía electrónica para biólogos. Editorial Blume. 236pp. Madrid, España.

NIERZ-WICKI-BAUERS, S.; D. BALWILL & S. STEVENS. 1983. Use of a computer-aided reconstruction system to examine the three dimensional architecture of Cyanobacteria. *J. Ultrastr. Res.* 84: 73-82 .

REYNOLDS, E. 1961. Electron microscopy technics. *J. Cell. Biol.* 17, 209-215.

VAN EYKELENBURG, C. 1979. The ultrastructure of *Spirulina platensis* in relation to temperature and light intensity. *A. Leeuwenhoek J. Microbiol.* 45:369-390.

—1980. Ecophysiological studies on *Spirulina platensis*. Effect of temperature, light intensity and nitrate concentration on growth and ultra-structure. *A. Leeuwenhoek. J. Microbiol.* 46:113-128.

Fecha de publicación: 30 de junio de 1999.

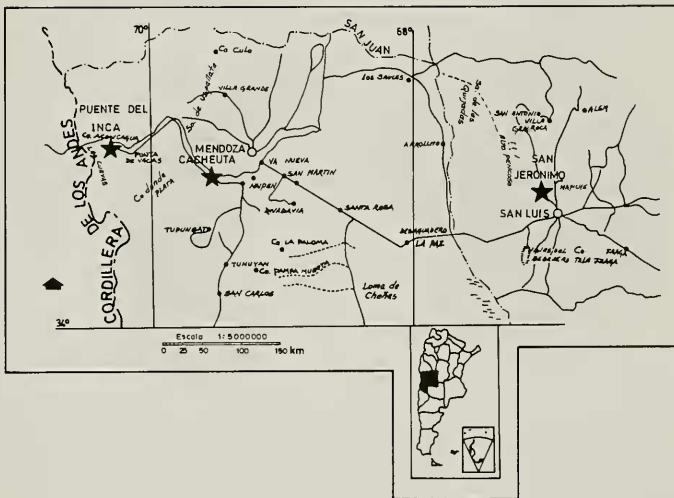


FIG. 1: Mapa de ubicación geográfica de las áreas muestreadas: Puente del Inca y Cacheuta (Mendoza) y San Jerónimo (San Luis).

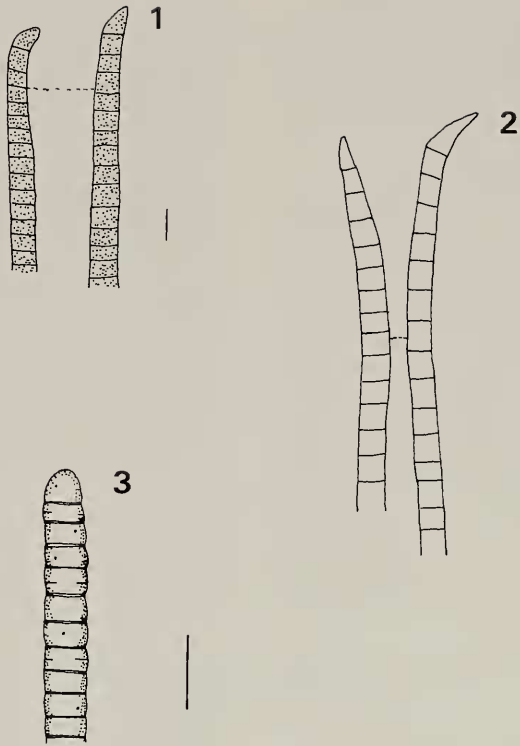


FIG. 2: Aspecto general; 1: *Oscillatoria acuta*; 2: *Oscillatoria animalis*; 3: *Oscillatoria proteus*. Las escalas corresponden a 10 μm .

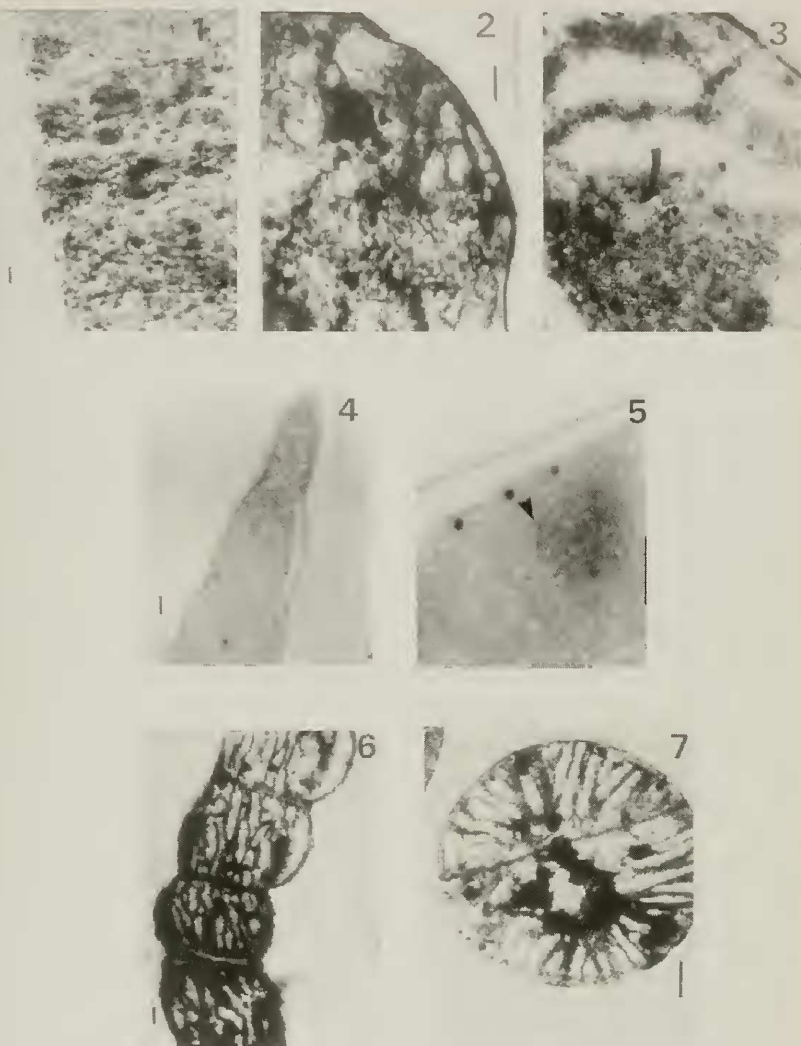


FIG. 3: *Oscillatoria acuta* (termas de Puente del Inca): 1: corte longitudinal de un filamento, 10.000 x; 2: corte transversal de un filamento donde se observa la disposición irregular de los tilacoides, 20.000 x; 3: corte transversal donde se visualizan cuerpos cristalino-granulares e inclusiones lípidas, 40.000 x; *Oscillatoria animalis* (termas de San Jerónimo): 4: corte longitudinal de un filamento, 10.000 x; 5: detalle de la disposición ordenada (longitudinal) de los tilacoides y ficobilisomas (▼), 40.000 x; *Oscillatoria proteus* (termas de Cacheuta): 6: corte longitudinal de un filamento, 10.000 x; 7: corte transversal de un filamento donde se visualiza la disposición radial de los tilacoides, 20.000 x. Las escalas corresponden a 1 μ m.